

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19) 【発行国】 日本国特許庁 (J P)

(19) [Publication Office] Japanese Patent Office (JP)

(12) 【公報種別】 公開特許公報 (A)

(12) [Kind of Document] Japan Unexamined Patent Publication (A)

(11) 【公開番号】 特開平 8 - 2 6 8 7 9 4

(11) [Publication Number of Unexamined Application] Japan Unexamined Patent Publication Hei 8 - 268794

(43) 【公開日】 平成 8 年 (1 9 9 6) 1 0 月 1 5 日 |

(43) [Publication Date of Unexamined Application] 1996 (1996) October 15 day

(54) 【発明の名称】 単結晶シリコン育成方法

(54) [Title of Invention] SINGLE CRYSTAL SILICON REARING METHOD

(51) 【国際特許分類第 6 版】

(51) [International Patent Classification 6th Edition]

C30B 15/20

C30B 15/20

29/06 502

29/06 502

// H01L 21/208

// H01L 21/208

【 F I 】 |

[FI]

C30B 15/20

C30B 15/20

29/06 502 E 7202-4G

29/06 502 E 720 2- 4G

H01L 21/208 P

H01L 21/208 P

【審査請求】 未請求

[Request for Examination] Examination not requested

【請求項の数】 3

[Number of Claims] 3

【出願形態】 F D

[Form of Application] Floppy disk

【全頁数】 5

[Number of Pages in Document] 5

(21) 【出願番号】 特願平 7 - 1 0 0 1 7 3

(21) [Application Number] Japan Patent Application Hei 7 - 10 0173

(22) 【出願日】 平成 7 年 (1 9 9 5) 3 月 3 0 日

(22) [Application Date] 1995 (1995) March 30 days

(71) 【出願人】

(71) [Applicant]

【識別番号】 0 0 0 2 0 5 3 5 1

[Applicant Code] 000205351

【氏名又は名称】 住友シチックス株式会社

[Name] SUMITOMO SITIX CORPORATION (DB 69-055-617 0)

【住所又は居所】 兵庫県尼崎市東浜町 1 番地

[Address] Hyogo Prefecture Amagasaki City Higashi Hamacho 1

(72) 【発明者】

(72) [Inventor]

【氏名】 梶田 栄治

[Name] Kajita Eiji

【住所又は居所】佐賀県杵島郡江北町大字上小田 2201 番
地 住友シチックス株式会社九州事業所内

(72) 【発明者】

【氏名】宝来 正隆

【住所又は居所】佐賀県杵島郡江北町大字上小田 2201 番
地 住友シチックス株式会社九州事業所内

(74) 【代理人】

【弁理士】

(57) 【要約】

【目的】 シリコンの融点から 1300℃までの結晶軸方向の温度勾配 G (°C/mm) に対する結晶育成速度 V (mm/min) の比 V/G ($\text{mm}^2/^\circ\text{C}\cdot\text{min}$) を高精度に制御し、狙いとする位置に OSF リングを発生させる。

【構成】 伝熱計算を用いた炉内全体の温度分布計算により G を求める。輻射遮断物 7 または輻射反射物 9 により融液からの輻射を制御して G を操作する。

[Address] Inside of Saga Prefecture Kishima-gun Kohoku-machi
Oaza Kamioda 220 1 Sumitomo Sitix Corporation (DB 69-055-6170) Kyushu operations center

(72) [Inventor]

[Name] Horai Masataka

[Address] Inside of Saga Prefecture Kishima-gun Kohoku-machi
Oaza Kamioda 220 1 Sumitomo Sitix Corporation (DB 69-055-6170) Kyushu operations center

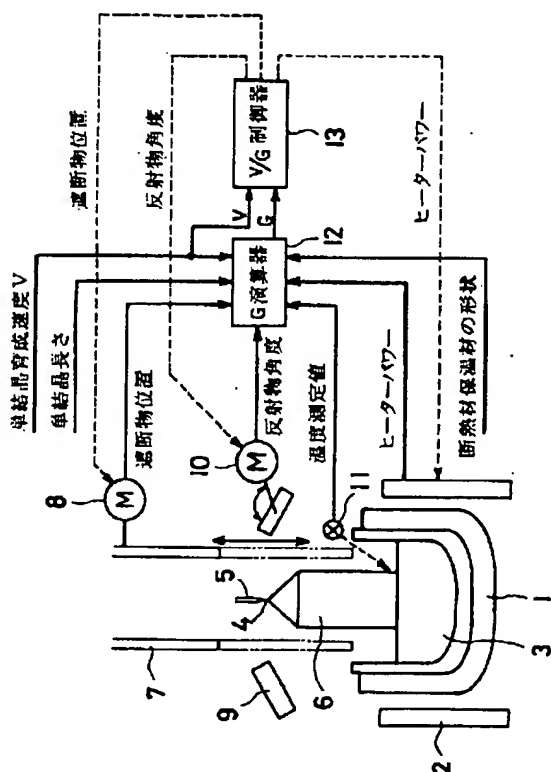
(74) [Attorney(s) Representing All Applicants]

[Patent Attorney]

(57) [Abstract]

[Objective] Ratio V/G ($\text{mm}^2/^\circ\text{C}\cdot\text{min}$) of crystal growing rate V (mm/min) for temperature gradient G (°C/mm) of crystal axis direction to the 1300 °C from melting point of silicon is controlled in high precision, the OSF ring is generated in position where you aim.

[Constitution] G is sought with temperature distribution calculation of entirety inside the furnace which uses heat conduction calculation. Controlling radiation from melt with radiation blocking thing 7, or the radiation reflected thing 9 it operates G .



【特許請求の範囲】

【請求項１】 チョクラルスキー法によってシリコン単結晶を製造する際に、伝熱計算を用いた炉内全体の温度分布計算により単結晶内部の温度分布を求め、求めた温度分布を用いて融液からの輻射を遮断および／または反射することにより、単結晶内部の温度分布を操作することを特徴とする単結晶シリコン育成方法。

【請求項２】 伝熱計算を用いた炉内全体の温度分布計算により、シリコンの融点から１３００℃までの結晶軸方向の温度勾配 G （℃／mm）を求め、結晶育成速度 V （mm／min）と求めた温度勾配 G （℃／mm）との比 V/G （mm²／℃・min）が目標値に制御されるように、 V を操作すると共に融液からの輻射の遮断および／または反射により G を操作することを特徴とする請求項１に記載の単結晶シリコン育成方法。

【請求項３】 単結晶周囲の温度計測値により温度分布計算を補正することを特徴とする請求項１または２に記載の単結晶シリコン育成方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】本発明は、チョクラルスキー法（以下ＣＺ法という）によるシリコン単結晶の育成方法に関し、更に詳しくは、単結晶の育成中にその内部の温度分布を操作して結晶品質を制御する単結晶育成方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】高集積半導体素子材料として用いられているシリコン単結晶の製造方法は種々あるが、工業的に量産が可能な方法としては主にＣＺ法が採用されている。ＣＺ法の実施状態を図３に示す。

【０００３】ＣＺ法では通常、内側が石英、外側が黒鉛で構成された二重構造の坩堝１が用いられる。坩堝１内に収容された原料シリコンは坩堝１の外側に配置されたヒーター２に

[Claim(s)]

[Claim 1] When producing silicon single crystal with Czochralski method, single crystal silicon rearing method which designates that temperature distribution of single crystal interior is operated by blocking and/or reflecting radiation from melt making use of temperature distribution which sought temperature distribution of single crystal interior with temperature distribution calculation of entirety inside furnace which uses heat conduction calculation sought, as feature.

[Claim 2] In temperature distribution calculation of entirety inside furnace which uses the heat conduction calculation to depend, temperature gradient G (°C/mm) of crystal axis direction to 1300 °C is sought from melting point of the silicon, as in order crystal growing velocity V (mm/min) and temperature gradient G (°C/mm) which was sought for the ratio V/G (mm²/°C*min) to be controlled to goal value, V is operated, the single crystal silicon rearing method which is stated in Claim 1 which designates that G is operated with blocking and/or reflection of radiation from the melt as feature.

[Claim 3] With temperature measurement value of single crystal periphery single crystal silicon rearing method which is stated in Claim 1 or 2 which designates thing which temperature distribution calculation the correction is done as feature.

[Description of the Invention]

[0001]

[Field of Industrial Application] This invention regards rearing method of silicon single crystal due to Czochralski method (CZ method below you call), furthermore details, operating temperature distribution of interior while rearing the single crystal, regard single crystal growth method which controls crystal quality.

[0002]

[Prior Art] As for manufacturing method of silicon single crystal which is used as highly integrated semiconductor element material there is avarious, but CZ method is adopted mainly as method where mass production is possible in industrially. Execution state of CZ method is shown in Figure 3.

[0003] With CZ method it can use crucible 1 of double structure where usually, the inside quartz and outside is formed with graphite. starting material silicon which is accommodated inside

より加熱されて溶融する。そのシリコン融液3は、下端に種結晶4に取り付けたワイヤ5を上昇させることにより、坩堝1から徐々に引き上げられる。このとき坩堝1および種結晶4を回転させる。これによりシリコン融液3が凝固した円柱状の単結晶6が育成される。通常採用される結晶育成速度は1.0~2.0mm/minである。

【0004】このようなCZ法によるシリコン単結晶の育成では、単結晶をウェーハに加工したのち熱処理を行うことによって、ウェーハ面にOSFリングと呼ばれるリング状の酸誘起積層欠陥が発生することが知られている。

【0005】OSFリングが発生すると、その内側領域では結晶育成中に成長した熱的安定性の高い酸素析出物が 10^6 cm^{-3} 程度の高密度で分布し、ゲート酸化膜の耐圧特性が低下する。一方、OSFリングの外側領域では、酸化膜耐圧特性は良好であるが、大きさが約400nmの転位クラスターが約 $10^3 \text{ 個}/\text{cm}^2$ の密度で発生する。このように、OSFリングを境に内側と外側とではウェーハの物理的性質が大きく異なるのである。

【0006】CZ法により製造されるシリコン単結晶は高集積半導体素子材料に用いられるが、高集積半導体素子の信頼性および歩留は単結晶ウェーハの物理的性質に強く依存するため、CZ法によるシリコン単結晶の育成ではOSFリングの位置を制御し、狙いとする位置にOSFリングを発生させることが重要な技術となる。

【0007】これに関連して本発明者らは、結晶育成速度を $V(\text{mm}/\text{min})$ とし、シリコンの融点から 1300°C までの温度範囲における結晶軸方向の温度勾配を $G(^\circ\text{C}/\text{mm})$ とすると、 $V/G(\text{mm}^2/^\circ\text{C}\cdot\text{min})$ によりOSFリングの発生位置が一義的に決まることを見出し、特願平6-148939号により、 V/G を2.5以上にしてOSFリングを素子製造に使用されないウェーハの外周部に発生させると共に、 1150°C から 1000°C までの温度範囲における冷却速度を $2.0^\circ\text{C}/\text{min}$ 以下としてOSFリングの内側での酸素析出物の分布密度を低下させる単結晶製造法を提案した。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明者らが先に提案した単結晶製造法では、狙いとする位置にOSFリングを発生させるために、 V/G を高精度に制御することが重要な技術となっている。

crucible 1 melts being heated by the heater 2 which is arranged in outside of crucible 1. silicon melt 3 can pull up wire 5 which in bottom end is installed in the seed crystal 4 from crucible 1 gradually by rising. This time crucible 1 and seed crystal 4 it turns. Because of this silicon melt 3 is reared cylindrical single crystal 6 which solidification is done. crystal growing rate which usually is adopted is 1.0 to 2.0 mm/min.

[0004] With rearing silicon single crystal with this kind of CZ method, after processing the single crystal in wafer, it is informed that acid induced stacking fault of ring which is called OSF ring in wafer surface by doing thermal processing, occurs.

[0005] When OSF ring occurs, with inside region oxygen precipitate where thermal stability which grew in crystal growing is high is distributed with high density of 10^6 cm^{-3} extent, the voltage resistance of gate oxide film decreases. On one hand, with outside region of OSF ring, as for oxide film voltage resistance it is satisfactory, but size dislocation cluster - of approximately 400 nm occurs with density of approximately $10^3 / \text{cm}^2$. This way, OSF ring in inside and outside physical property of wafer differs largely in boundary.

[0006] Silicon single crystal which is produced by CZ method is used for highly integrated semiconductor element material, but the reliability and yield of highly integrated semiconductor element because it depends on physical property of single crystal wafer strongly, with rearing silicon single crystal with CZ method control the position of OSF ring, become technology whose it is important to generate OSF ring in position where you aim.

[0007] Pertaining to this as for these inventors, crystal growing rate $V(\text{mm}/\text{min})$ to do, temperature gradient of crystal axis direction from melting point of silicon in the temperature range to 1300°C is designated as $G(^\circ\text{C}/\text{mm})$ time, Fact that occurrence position of OSF ring is decided in significant by the $V/G(\text{mm}^2/^\circ\text{C}\cdot\text{min})$ is discovered, OSF ring is generated in outer perimeter of wafer which is not used for device production as with Japan Patent Application Hei 6 - 148939 number, with the V/G as 2.5 or greater, distributed density of oxygen precipitate with inside of OSF ring the single crystal production method which decreases was proposed with cooling rate from the 1150°C in temperature range to 1000°C as $2.0^\circ\text{C}/\text{min}$ or less.

[0008]

[Problems to be Solved by the Invention] With single crystal production method which these inventors proposes before, in order to generate OSF ring in position where you aim, it has become the technology whose it is important to control V/G in high precision.

【0009】しかし、CZ法によるシリコン単結晶の育成では、図3に示すように、育成中の単結晶6が融液3から輻射熱を受ける一方、単結晶6からの輻射放熱が存在する。単結晶5の成長に伴いその長さが変化するために、単結晶6からの輻射放熱量の軸方向分布は時々刻々と変化する。そのため、Gは単結晶6の育成中一定には維持されない。V/Gを制御するためには、VだけでなくGの検出および操作が必要であるが、上述したように実際の操業ではVの検出および操作が困難なため、V/Gの制御は非常に難しく、従って、狙いとする位置にOSFリングを発生させることは容易でない（図2中の従来法参照）。

【0010】本発明の目的は、育成中の単結晶内部の温度分布を意のままに操作することにより、V/Gの制御ひいてはOSFリング発生位置の制御を高精度に行い得る単結晶シリコン育成方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の単結晶シリコン育成方法は、CZ法によってシリコン単結晶を製造する際に、伝熱計算を用いた炉内全体の温度分布計算により単結晶内部の温度分布を求め、求めた温度分布を用いて融液からの輻射を遮断および／または反射することにより、単結晶内部の温度分布を操作するものである。

【0012】V/Gの制御では、伝熱計算を用いた炉内全体の温度分布計算により、シリコンの融点から1300℃までの結晶軸方向の温度勾配G（℃/mm）を求め、結晶育成速度V（mm/min）と求めた温度勾配G（℃/mm）との比V/G（mm²/℃・min）が目標値に制御されるように、Vを操作すると共に融液からの輻射の遮断および／または反射によりGを操作する。

【0013】望ましくは、単結晶周囲の温度計測値により温度分布計算を補正する。

【0014】

【作用】V/Gの制御では、単結晶の育成中に単結晶軸方向の温度勾配を制御することが不可欠の技術である。この制御技術では、育成中の単結晶内部の温度分布を求めることと、その温度分布を操作することの2つが必要である。V/Gの制御で言えばGを求めることとGを操作することが共に必要

[0009] But, with rearing silicon single crystal with CZ method, as shown in Figure 3, although single crystal 6 which is in midst of rearing receives radiative heat from melt 3 radiation escaping heat from single crystal 6 exists. Because length changes attendant upon growth of single crystal 5, the axis direction distribution of radiation amount of escaped heat from single crystal 6 changes hourly. Because of that, G is not maintained to uniformity in the midst of rearing single crystal 6. In order to control V/G, detection and operation of G are necessary not only a V, but above-mentioned way because with actual operation detection and operation of V are difficult, as for control of V/G to be very difficult, therefore, it is not easy to generate OSF ring in position where you aim (prior art method reference in Figure 2).

[0010] Objective of this invention is to offer single crystal silicon rearing method which in the high precision can control consequently OSF ring occurrence position of V/G temperature distribution of the single crystal interior which is in midst of rearing by operating while it is a midst.

[0011]

[Means to Solve the Problems] It is something which operates temperature distribution of single crystal interior by blocking and/or reflecting radiation from melt making use of temperature distribution to which the single crystal silicon rearing method of this invention when producing silicon single crystal with the CZ method, sought temperature distribution of single crystal interior with temperature distribution calculation of the entirety inside furnace which uses heat conduction calculation, sought.

[0012] With control of V/G, temperature gradient G(°C/mm) of crystal axis direction to 1300 °C is sought from melting point of silicon with temperature distribution calculation of the entirety inside furnace which uses heat conduction calculation, as in order crystal growing velocity V(mm/min) and temperature gradient G(°C/mm) which was sought for ratio V/G(mm²/°C*min) to be controlled to the goal value, V is operated, G is operated with blocking and/or reflection of radiation from melt.

[0013] It is desirable, it calculates temperature distribution with temperature measurement value of single crystal periphery the correction.

[0014]

[Work or Operations of the Invention] With control of V/G, fact that temperature gradient of single crystal axial direction is controlled while rearing single crystal is technology of essential. With this control technology, two of thing which seeks temperature distribution of the single crystal interior which

である。]

【0005】単結晶内部の温度分布を求めることについては、単結晶周囲の温度を多くの箇所で測定することにより一応これが可能となるが、炉内に多くの測定器を設置することになるため、炉内や炉内で育成中の単結晶の汚染が問題になる。そこで本発明では伝熱計算を用いた炉内全体の温度分布計算によりこれを行う。

【0006】具体的には、例えば炉内全体の放射熱交換、単結晶と融液との界面形状、ヒータパワーおよび単結晶育成速度等の各項目を考慮して伝熱計算を行うことより、単結晶内部の温度分布を求め、V/Gの制御ではGを求める。

【0007】ここでの項目、すなわち炉内全体の放射熱交換では、炉内の保温材および断熱材の形状、育成中の単結晶の長さの他に、本発明では融液からの放射の遮断や反射を行うので、遮断物や反射物の現在位置なども考慮する必要がある。また、の項目、すなわち単結晶と融液の界面形状については、Stefan条件とBoundary-fitted法から求めることができる。

【0008】伝熱計算を用いた炉内温度分布計算によれば、温度測定点の数を少なくして、単結晶内部の温度分布を高精度に求めることができる。なお、この場合の温度測定は温度分布計算の補正のためであるので必ずしも必要ではない。温度測定を行う場合、結晶表面温度を固液界面から一定の距離で測定することが好ましいが、本発明では温度分布計算を炉内全体にわたって行うために、単結晶の温度分布に応答する放射遮断物や保温材の特定位置の温度を測定してもよい。

【0009】温度分布の操作については、本発明では融液からの放射を遮断および／または反射する。単結晶と融液との界面の温度は一定であるので、融液から単結晶への放射を遮断して単結晶の温度を下げることにより、単結晶軸方向の温度勾配は大となり、V/Gの制御ではGを大きくすることができる。一方、融液の上方に反射率の高い反射物を設置して融液からの放射を単結晶へ反射することにより、単結晶の温

is in midst of rearing and thing which operates the temperature distribution is necessary. If you refer to control of V/G, to seek G, and operating the G it is necessary together.

[0005] Once this becomes possible, by measuring temperature of single crystal periphery with the many site concerning seeking temperature distribution of single crystal inside, but because it means to install many measuring apparatus inside furnace, pollution of the single crystal which is in midst of rearing inside furnace and inside the furnace becomes problem. This is done then with this invention with temperature distribution calculation of the entirety inside furnace which uses heat conduction calculation.

[0006] Concretely, interface shape of radiative heat exchange, single crystal and melt of the entirety inside for example furnace, considering heater power and single crystal growth velocity or other each item, from fact that it does heat conduction calculation, it seeks temperature distribution of the single crystal interior, with control of V/G seeks G.

[0007] Because with item here, namely radiative heat exchange of entirety inside the furnace, heat retaining material inside furnace and geometry of insulation, too other than length of single crystal which is in midst of rearing, with this invention blocking and reflection of radiation from melt are done, it is necessary current position etc of blocking ones and reflected ones to consider. In addition, it is possible to seek from Stefan condition and Boundary-fitted method, concerning interface geometry of item namely single crystal and melt.

[0008] According to furnace internal temperature distribution calculation which uses heat conduction calculation, decreasing quantity of temperature measurement point, it is possible to seek temperature distribution of the single crystal interior from high precision. Furthermore, because temperature measurement in this case is because of the correction of temperature distribution calculation, it is not necessary always. When temperature measurement is done, crystal surface temperature it is desirable from solid-liquid interface to measure with fixed distance, but with this invention in order to do temperature distribution calculation over entirety inside furnace, it is possible to measure radiation blocking ones and temperature of special constant position of heat retaining material which respond to temperature distribution of single crystal.

[0009] Concerning operation of temperature distribution, with this invention radiation from the melt blocking and/or is reflected. Because temperature of interface of single crystal and melt is fixed, blocking radiation to single crystal from melt, temperature gradient of single crystal axial direction becomes with large by lowering temperature of single crystal, with control of the V/G can make G large. On one hand, installing

度が高くなって単結晶軸方向の温度勾配が小となり、V/Gの制御ではGを小さくすることができる。また、遮断および反射の両方を同時に用いてGを操作することも可能である。

【0010】かくしてV/Gの高精度な制御が可能となり、狙った位置にOSFリングを発生させることができる。

【0011】

【実施例】図1に本発明を実施するのに適した装置構成を示す。

【0012】図1において、7は単結晶6の引き上げ路を囲むように、坩堝2の上方に設けた円筒状の輻射遮断物である。輻射遮断物7は例えばカーボンからなり、坩堝1内の融液3から引き上げられる単結晶6を收容して、融液3から単結晶6への輻射を遮断する。また、その遮断量をコントロールするために、輻射遮断物7は駆動部8により上下に移動させられる。

【0013】9は輻射遮断物7の昇降路を取り囲むように、周方向に配列設置された複数の輻射反射物である。輻射反射物9は例えば表面を鏡面に研磨したMo板からなり、融液3からの輻射を単結晶6に反射させる。また、その反射量をコントロールするために、それぞれの輻射反射物9は駆動部10により角度が調節される。

【0014】11は温度測定計であり、単結晶6の表面の固液界面から一定距離の点の温度を測定する。

【0015】12はシリコンの融点から1300℃までの温度範囲における結晶軸方向の温度勾配Gを求めるG演算器である。G演算器12には駆動部8から輻射遮断物7の位置情報が与えられる。また、駆動部10からは輻射反射物9の角度情報が、温度測定計11からは単結晶周囲の温度情報がそれぞれ与えられる。更には、炉内の保温材および断熱材の形状、育成中の単結晶6の長さおよび育成速度V、単結晶5と融液3との界面形状、ヒータ2のパワーについての各情報も与えられる。

【0016】そしてG演算器12は、単結晶6の温度測定値

reflected ones where reflectivity is high in the upward direction of melt, temperature of single crystal becoming high by reflecting the radiation from melt to single crystal, temperature gradient of single crystal axial direction becomes small, with control of V/G can make G small. In addition, using both of blocking and reflections simultaneously, also it is possible to operate G.

[0010] OSF ring can be generated in position where highly precise control of the V/G became possible this way, aimed.

[0011]

[Working Example(s)] Equipment configuration which is suited in order to execute this invention in Figure 1 is shown.

[0012] In Figure 1, 7 in order to encircle pulling up road of the single crystal 6, is radiation blocking ones of cylinder which is provided in upward direction of crucible 2. radiation blocking thing 7 consists of for example carbon, accommodating single crystal 6 which is pulled up from melt 3 inside crucible 1, blocks radiation to single crystal 6 from melt 3. In addition, in order to control blocking quantity, it moves the radiation blocking thing 7 to top and bottom due to drive part 8.

[0013] 9 in order to surround hoistway of radiation blocking thing 7, is radiation reflected ones of plural which on circumferential direction it is arranged is installed. radiation reflected thing 9 for example surface consists of Mo sheet which the polishing is done in mirror surface, reflects radiation from melt 3 in the single crystal 6. In addition, in order to control amount of reflection, as for respective radiation reflected thing 9 angle adjusts by drive part 10.

[0014] 11 is temperature measurement meter, temperature of point of constant distance is measured from solid-liquid interface of surface of single crystal 6.

[0015] As for 12 it is a G calculator which seeks temperature gradient G of crystal axis direction from melting point of silicon in temperature range to 1300 °C. It can give to G calculator 12 position information of radiation blocking thing 7 from the drive part 8. In addition, from drive part 10 temperature information of single crystal periphery it can give the angle information of radiation reflected thing 9, respectively from temperature measurement meter 11. Furthermore, heat retaining material inside furnace and shape of insulation, the length and rearing velocity V of single crystal 6 which is in midst of rearing, interface shape of single crystal 5 and melt 3, concerning power of the heater 2 also each information is given.

[0016] And G calculator 12 calculates entirety inside furnace te

を除くこれらの情報を用いて伝熱計算により炉内全体の温度分布計算を行い、更に温度測定値を用いてその温度分布計算の補正を行うことによりGを求める。

【0017】13はV/G制御器である。V/G制御器13は求められたGと単結晶育成速度VとからV/Gを計算すると共に、その計算値がV/G設定値と一致するようにVを操作し、合わせて輻射遮断物7の位置や輻射反射物9の角度を駆動部8、10に指示してGを操作する。また必要に応じてヒータ2のパワーも操作する。

【0018】かくして、単結晶育成の全期間にわたってV/Gがその設定値に制御される。その結果、育成された単結晶をウェーハに加工しそのウェーハを熱処理したときに生じるOSFリングが所定位置に制御される。

【0019】すなわち、ある仮定 (C_v , C_i , D_v , D_i の定数設定値) の下での計算による推定であるが、V/Gによって結晶内の $T=1300^{\circ}\text{C}\sim 1250^{\circ}\text{C}$ における点欠陥の濃度 (空孔と格子間シリコン) がほぼ決まり、この点欠陥がその後、酸素と反応して種々のサイズおよび密度の酸素析出物またはその2次欠陥 (転位) 等を発生させる。そのため、V/Gを一定に制御することにより、OSFリングの発生位置が結晶全体にわたって一定になる。更に、酸素析出物等の欠陥の分布 (面内および軸方向でのサイズ-密度分布) も一定になる。

【0020】ただし、結晶育成末期のTail部形成時およびその後の融液からの結晶切り離し時には、結晶が急速に冷却される。このとき、Top側は低温からTail側は高温から急冷されるために、これらの部分は均一な欠陥分布とはならない。そのため、育成初期および後期に対応する部分では、OSFリングの発生位置が制御されない。均一にならない部分の欠陥は、 $100\sim 850^{\circ}\text{C}$ 以下で結晶冷却時に形成される欠陥であり、非常に小さい析出物である。一方、 $1000\sim 850^{\circ}\text{C}$ 以上で形成される欠陥は大きく安定で、結晶全長にわたって均一になる。このような欠陥はデバイスプロセス中でも安定であり、確実にデバイス活性領域 (表面近傍) に残留し、特性を劣化させる。

【0021】次に図1に示す装置を用いて実際にV/Gを制御した結果を説明する。

【0022】〔実施例1〕直径16"の石英ルツボに高純度

temperature distribution with the heat conduction calculation making use of these information which exclude temperature measurement value of the single crystal 6, seeks G by doing correction of temperature distribution calculation furthermore making use of temperature measurement value.

[0017] 13 is V/G controller. As for V/G controller 13 as V/G is calculated from G and the single crystal growth rate V which were sought, in order for calculated value to agree with the V/G setting, V is operated, together position of radiation blocking thing 7 and angle of radiation reflected thing 9 are indicated to drive part 8, 10 and G is operated. In addition it operates also power of according to need heater 2.

[0018] V/G is controlled to set value this way, over entire time of the single crystal growth. As a result, single crystal which was reared is processed in wafer and when thermal processing doing wafer, OSF ring which it occurs is controlled to specified position.

[0019] It is a presumption with calculation under supposition (constant set value of C_v , C_i , D_v , D_i) which is the namely, but concentration (void interstitial silicon) of point defect in $T=1300^{\circ}\text{C}$ to 1250°C inside crystal with V/G is almost decided, this point defect after that, reacts with the oxygen and various size and generates oxygen precipitate or secondary defect (rearrangement) etc of the density. Because of that, by controlling V/G uniformly, occurrence position of the OSF ring it becomes fixed over crystal entirety. Furthermore, also distribution (size - density distribution with in-plane and axis direction) of oxygen precipitate or other defect becomes fixed.

[0020] However, at time of Tail section formation of crystal growing end stage and after that at time crystal to separate from melt, crystal is cooled quickly. This time, as for Top side from low temperature Tail side because the quench it is done, these portion do not become with uniform defect distribution from the high temperature. Because of that, with rearing initial stage or portion which corresponds to post phase, occurrence position of OSF ring is not controlled. defect of portion which does not become uniform is defect which is formed at time of crystal cooling with 100 to 850°C or below, is the very small precipitate. defect which on one hand, is formed with 1000 to 850°C or higher largely instability, becomes uniform over crystal total length. This kind of defect is stability even in device process, it remains securely in device active region (surface vicinity), characteristic deteriorates.

[0021] Result of controlling V/G actually making use of equipment which is shown next in Figure 1 is explained.

[0022] [Working Example 1] High purity polycrystalline silicon

多結晶シリコン50kgを入れ、ボロンをドーブし、多結晶シリコンを加熱溶解したのち、直径150mmで結晶育成方位が〈100〉の単結晶を長さ1000mm育成した。単結晶育成中は、輻射温度計で結晶の表面温度を計測して、単結晶温度分布計算システムでV/Gを計算し、V/Gが0.28 mm²/°C・min (一定)になるように、単結晶育成速度を操作すると共に、単結晶の周りに配した内径300mm×厚さ30mmのカーボンからなる円筒状の輻射反射物を上下に移動させた。

【0023】育成した単結晶から結晶軸方向と平行にサンプルを切り出し熱処理した後、OSFリングの発生位置を調べた。OSFリングは育成初期の20mmと育成後期の100mmの部分を除き、中心から約67mmの位置に発生していた。

【0024】〔実施例2〕直径16"の石英ルツボに高純度多結晶シリコン50kgを入れ、ボロンをドーブし、多結晶シリコンを加熱溶解したのち、直径150mmで結晶育成方位が〈100〉の単結晶を長さ1000mm育成した。単結晶育成中は、輻射温度計で結晶の表面温度を計測して、単結晶温度分布計算システムでV/Gを計算し、V/Gが0.22 mm²/°C・min (一定)になるように、単結晶育成速度を操作すると共に、単結晶の周りに配した表面を鏡面に研磨した5枚のMo板製輻射反射物(1枚の寸法は250mm×150mm)の角度を操作した。

【0025】育成した単結晶から結晶軸方向と平行にサンプルを切り出し熱処理した後、OSFリングの発生位置を調べた。OSFリングは育成初期の20mmと育成後期の100mmの部分を除き、中心から約15mmの位置に発生していた。

【0026】〔実施例3〕直径16"の石英ルツボに高純度多結晶シリコン50kgを入れ、ボロンをドーブし、多結晶シリコンを加熱溶解したのち、直径150mmで結晶育成方位が〈100〉の単結晶を長さ1000mm育成した。単結晶育成中は、輻射温度計で結晶の表面温度を計測して、単結晶温度分布計算システムでV/Gを計算し、単結晶の育成成長さが500mmまではV/Gが0.22 mm²/°C・min、育成成長さが500mm以降は0.28 mm²/°C・minになるように、単結晶育成速度を操作すると共に、カーボン輻射反射物の位置およびMo板製輻射反射物の角度を操作した。|

n 50 kg was inserted in quartz crucible of diameter 16", boron doped was done, thermal decomposition after doing polycrystalline silicon, crystal growing azimuth <100> length 1000 mm grew single crystal with diameter 150 mm. As in single crystal growth, measuring surface temperature of crystal with radiation thermometer, it calculates V/G with single crystal temperature distribution calculation system, in order for the V/G to become 0.28 mm²/°C*min (Uniformity), it operates single crystal growth rate, radiation reflected ones of cylinder which consists of carbon of internal diameter 300 mm X thickness 30 mm which is allotted to surroundings of single crystal were moved to top and bottom.

[0023] Sample was cut parallel with crystal axis direction from single crystal which it reared thermal processing after doing, occurrence position of OSF ring was inspected. OSF ring from center occurred in position of approximately 67 mm excluding 20 mm of rearing initial stage and portion of 100 mm of the rearing post phase.

[0024] [Working Example 2] High purity polycrystalline silicon 50 kg was inserted in quartz crucible of diameter 16", boron doped was done, thermal decomposition after doing polycrystalline silicon, crystal growing azimuth <100> length 1000 mm grew single crystal with diameter 150 mm. As in single crystal growth, measuring surface temperature of crystal with radiation thermometer, it calculates V/G with single crystal temperature distribution calculation system, in order for the V/G to become 0.22 mm²/°C*min (Uniformity), it operates single crystal growth rate, it allotted to surroundings of single crystal and surface 5 which polishing is done it operated angle of Mo plate make radiation reflected thing (As for dimension of one layer 250 mm X 150 mm) in mirror surface.

[0025] Sample was cut parallel with crystal axis direction from single crystal which it reared thermal processing after doing, occurrence position of OSF ring was inspected. OSF ring from center occurred in position of approximately 15 mm excluding 20 mm of rearing initial stage and portion of 100 mm of the rearing post phase.

[0026] [Working Example 3] High purity polycrystalline silicon 50 kg was inserted in quartz crucible of diameter 16", boron doped was done, thermal decomposition after doing polycrystalline silicon, crystal growing azimuth <100> length 1000 mm grew single crystal with diameter 150 mm. In single crystal growth, measuring surface temperature of crystal with radiation thermometer, it calculated V/G with single crystal temperature distribution calculation system, rearing length of single crystal V/G 0.22 mm²/°C*min and rearing length after 500 mm in order to become 0.28 mm²/°C*min, as single crystal growth rate is operated, operated the position of carbon radiation reflected ones and angle of Mo radiation reflected

【0027】育成した単結晶から結晶軸方向と平行にサンプルを切り出し熱処理した後、OSFリングの発生位置を調べた。OSFリングは20mmから450mmまでの部分においては中心から約15mmの位置に発生し、450mmからは徐々に外周へ移り、550mmから100mmを残すまでの部分においては中心から約67mmの位置に発生した。

【0028】各実施例におけるOSFリング発生位置を図2に示す。また、比較のためにV/Gを制御しない従来法の場合のOSFリング発生位置を示す。同図からわかるように、本発明によりV/Gの高精度な制御が可能となり、狙いとする位置にOSFリングを発生させることが可能となる。ちなみに、従来法は結晶の中心から35mmの位置にOSFリングを発生させることを狙って結晶育成を行った場合であるが、実際のOSFリング発生位置は狙い位置から大きくずれている。

【0029】

【発明の効果】以上に述べた通り、本発明の単結晶シリコン育成方法は伝熱計算を用いた炉内全体の温度分布計算により単結晶内部の温度勾配を求め、且つ融液からの輻射の遮断および／または反射により単結晶内部の温度勾配を操作することにより、V/Gの高精度な制御を可能とし、これにより狙いとする位置にOSFリングを発生させることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を実施するのに適した装置の構成図である。

【図2】本発明の効果を示すグラフである。

【図3】チョクラスキー法の実施状態を示す概略断面図である。

【符号の説明】

- 1 坩堝
- 2 加熱ヒーター
- 3 融液

[0027] Sample was cut parallel with crystal axis direction from single crystal which reared heat treatment after doing, occurrence position of OSF ring was inspected. Until OSF ring from center occurs in position of approximately 15 mm from 20 mm regarding portion to 450 mm, moves to the outer perimeter from 450 mm gradually, leaves 100 mm from 550 mm from the center it occurred in position of approximately 67 mm regarding the portion.

[0028] OSF ring occurrence position in each Working Example is shown in Figure 2. In addition, OSF ring occurrence position in case of prior art method which does not control the V/G for comparing is shown. As understood from same Figure, highly precise control of V/G becomes possible depending upon this invention, it becomes possible to generate the OSF ring in position where you aim. By way, prior art method is aiming for fact that from center of the crystal OSF ring is generated in position of 35 mm, when it did the crystal growing, but you aim actual OSF ring occurrence position and have slipped largely from position.

[0029]

[Effects of the Invention] You expressed above sort, It possesses effect that single crystal silicon rearing method of this invention seeks temperature gradient of single crystal interior with temperature distribution calculation of entirety inside furnace which uses heat conduction calculation, makes highly precise control of the V/G possible by operating temperature gradient of single crystal interior with blocking and/or reflection of radiation from and melt, can generate the OSF ring in position where you aim because of this.

[Brief Explanation of the Drawing(s)]

[Figure 1] It is a configuration diagram of equipment which is suited in order to execute the this invention.

[Figure 2] It is a graph which shows effect of this invention.

[Figure 3] It is a conceptual cross section diagram which shows execution state of Czochralski method.

[Explanation of Reference Signs in Drawings]

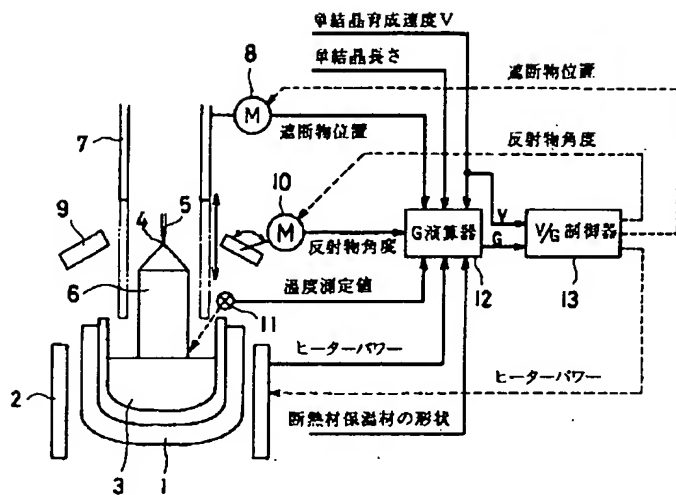
- 1 crucible
- 2 heater
- 3 melt

- 4 種結晶
- 5 ワイヤ
- 6 単結晶
- 7 輻射遮断物
- 9 輻射反射物

- 4 kinds crystal
- 5 wire
- 6 single crystal
- 7 radiation blocking thing
- 9 radiation reflected thing

【図 1】 |

[Figure 1]



【図 2】 |

[Figure 2]

